

学校编码: 10384

密级_____

学号: 22320131151377

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

普里兹湾及其邻近海域²¹⁰Po和²¹⁰Pb的分布
特征及其对颗粒有机物输出的示踪

Distribution of ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb in the Prydz Bay and its
adjacent sea areas and their estimate of particulate organic
matter export

胡慧娜

指导教师姓名: 陈 敏 教 授

专 业 名 称: 海 洋 化 学

论文提交日期: 2016 年 05 月

论文答辩时间: 2016 年 05 月

2016 年 05 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（厦门大学海洋与地球学院同位素海洋化学）课题（组）的研究成果，获得（厦门大学海洋与地球学院同位素海洋化学）课题（组）经费或实验室的资助，在（厦门大学海洋与地球学院同位素海洋化学）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ☒ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目录

摘要.....	1
Abstract	2
第 1 章 绪论.....	3
1.1 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的地球化学行为	3
1.1.1 ^{210}Po 的基本地球化学行为.....	3
1.1.2 ^{210}Pb 的基本地球化学行为.....	3
1.1.3 海洋环境中的 ^{210}Po 和 ^{210}Pb	3
1.2 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的海洋学研究进展	5
1.2.1 国际研究进展.....	5
1.2.2 国内研究现状.....	6
1.3 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 在海洋学上的应用	7
1.3.1 真光层颗粒有机碳 (POC) 输出通量的计算.....	7
1.3.2 边界清除作用的研究	8
1.3.3 沉积物年代的测定	9
1.3.4 海洋颗粒物再循环的示踪.....	9
1.3.5 缺氧水体的循环过程.....	10
1.4 本文的研究目标和内容.....	11
第 2 章 研究方法	12
2.1 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 富集方法概述	12
2.2 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 分离与纯化方法概述	12
2.3 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 测量方法概述	12
2.4 样品的采集及 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的富集、分离、纯化与测量	13
2.4.1 海水样品的采集.....	13
2.4.2 溶解态 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的富集、分离、纯化与测量	13
2.4.3 颗粒态 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的富集、分离、纯化与测量	14
2.5 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 比活度的计算	14
2.5.1 衰变系列的放射性衰变规律	14

2.5.2 ^{210}Pb 比活度的计算.....	15
2.5.3 ^{210}Po 比活度的计算.....	16
2.6 ^{210}Pb 回收率的确定	16
2.7 稳定铅试剂中 ^{210}Pb 空白的测定	17
2.7.1 实验目的.....	17
2.7.2 实验流程.....	17
2.7.3 结果与分析	17
第 3 章 普里兹湾及其邻近海域 ^{210}Po、^{210}Pb 的含量与分布.....	19
3.1 引言.....	19
3.1.1 地理位置.....	19
3.1.2 水文特征.....	19
3.1.3 水化学要素	22
3.1.4 生物生态参数.....	23
3.1.5 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的研究现状.....	24
3.2 样品采集与分析.....	25
3.2.1 样品采集.....	25
3.2.2 样品分析.....	27
3.2.3 温度、盐度和营养盐的测定	27
3.2.4 溶解氧的测定.....	27
3.2.5 POC 和 PN 的测定.....	27
3.2.6 ^{226}Ra 含量的确定.....	28
3.3 普里兹湾 P3 断面各要素的分布	34
3.3.1 温度、盐度	34
3.3.2 营养盐	35
3.3.3 溶解氧	40
3.3.4 POC 和 PN.....	40
3.3.5 ^{226}Ra	43
3.3.6 ^{210}Pb	45
3.3.7 ^{210}Po	48
3.4 普里兹湾 P7 断面各要素的分布	52

3.4.1 温度、盐度	52
3.4.2 营养盐	53
3.4.3 溶解氧	57
3.4.4 POC 和 PN	57
3.4.5 ^{226}Ra	59
3.4.6 ^{210}Pb	61
3.4.7 ^{210}Po	64
3.5 中层水体 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 极大值的成因分析	72
3.6 小结	73
第 4 章 普里兹湾及其邻近海域的 ^{210}Po - ^{210}Pb 不平衡关系	74
4.1 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的清除、迁出机制	74
4.2 普里兹湾及其邻近海域的 ^{210}Po - ^{210}Pb 不平衡关系	74
4.2.1 $D^{210}\text{Po}$ 与 $D^{210}\text{Pb}$, 以及 $P^{210}\text{Po}$ 与 $P^{210}\text{Pb}$ 的关系	74
4.2.2 $T^{210}\text{Po}$ 与 $T^{210}\text{Pb}$	76
4.3 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的清除、迁出速率	80
4.3.1 稳态模型的计算	80
4.3.2 ^{210}Po 清除、迁出通量	89
4.3.3 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的停留时间	89
4.3.4 ^{210}Po 清除速率	91
4.3.5 ^{210}Po 迁出速率	94
4.3.6 ^{210}Po 的清除、迁出速率与 POC、PN 的关系	99
4.4 小结	104
第 5 章 应用 ^{210}Po - ^{210}Pb 不平衡计算 POM 输出通量	105
5.1 引言	105
5.2 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 与 POC、PN 的关系	105
5.3 POC、PN 输出通量	111
5.3.1 POC、PN 输出通量的计算方法	111
5.3.2 P3 和 P7 断面 POC、PN 的输出通量	112
5.3.3 e 比值	118
5.4 POC 迁出速率	118

5.5 ^{234}Th - ^{238}U 与 ^{210}Po - ^{210}Pb 不平衡法所得 POC 输出通量的对比	123
5.6 小结.....	126
第 6 章 总结.....	127
6.1 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的含量、分布及不平衡关系	127
6.2 ^{210}Po - ^{210}Pb 不平衡法示踪颗粒有机物输出通量.....	127
6.3 不足与展望.....	128
参考文献.....	129
附录.....	144
致谢.....	145

Contents

Abstract (Chinese)	1
Abstract (English)	2
Chapter 1 General introduction	3
1.1 The biogeochemical behavior of ^{210}Po and ^{210}Pb	3
1.1.1 The biogeochemical behavior of ^{210}Po	3
1.1.2 The biogeochemical behavior of ^{210}Pb	3
1.1.3 ^{210}Po and ^{210}Pb in marine environment	4
1.2 The research progress of ^{210}Po and ^{210}Pb in oceanography	5
1.2.1 The international research progress	5
1.2.2 The domestic research situation	6
1.3 The applications of ^{210}Po and ^{210}Pb in oceanography	7
1.3.1 The estimation of POC export flux in euphotic layer	7
1.3.2 As a tracer of boundary scavenging	8
1.3.3 The research for sedimentary chronology	9
1.3.4 As a tracer of marine particles recycle	9
1.3.5 The cycle in anoxic water	10
1.4 Objectives and contents of this study	11
Chapter 2 Methods	12
2.1 The summary of enrichment methods of ^{210}Po and ^{210}Pb	12
2.2 The summary of separation and purification of ^{210}Po and ^{210}Pb	12
2.3 The summary of determination of ^{210}Po and ^{210}Pb	12
2.4 Sampling and enrichment, separation, purification and determination of ^{210}Po and ^{210}Pb	13
2.4.1 Sample collection	13
2.4.2 Sampling handling of dissolved ^{210}Po and ^{210}Pb	13
2.4.3 Sampling handling of particulate ^{210}Po and ^{210}Pb	14
2.5 The calculation methods of ^{210}Po and ^{210}Pb activity concentrations	14
2.5.1 The law of radioactive decay of decay series	14
2.5.2 The calculation of ^{210}Pb activity concentration	15
2.5.3 The calculation of ^{210}Po activity concentration	16

2.6 The determination of ^{210}Pb recovery.....	16
2.7 The determination of ^{210}Pb blank in stable lead reagents	17
2.7.1 Experiment purposes.....	17
2.7.2 Experiment procedures	17
2.7.3 Results and analyses.....	17
Chapter 3 The contents and distributions of ^{210}Po and ^{210}Pb in the Prydz Bay and its adjacent areas	19
3.1 Introduction.....	19
3.1.1 Geographical position.....	19
3.1.2 Hydrological features.....	19
3.1.3 Water chemical references	22
3.1.4 Biological and ecological parameters	23
3.1.5 The research situation of ^{210}Po and ^{210}Pb	24
3.2 Sample collection and analysis	25
3.2.1 Sample collection.....	25
3.2.2 Sample analysis	27
3.2.3 The determination of temperature, salinity and nutrients.....	27
3.2.4 The determination of dissolved oxygen	27
3.2.5 The determination of POC and PN	27
3.2.6 The determination of ^{226}Ra	28
3.3 The distribution of each parameter at P3 section around the Prydz Bay	34
3.3.1 Temperature and salinity.....	34
3.3.2 Nutrients	35
3.3.3 Dissolved oxygen.....	40
3.3.4 POC and PN	40
3.3.5 ^{226}Ra	43
3.3.6 ^{210}Pb	45
3.3.7 ^{210}Po	48
3.4 The distribution of each parameter at P7 section around the Prydz Bay	52
3.4.1 Temperature and salinity.....	52
3.4.2 Nutrients.....	53
3.4.3 Dissolved oxygen	57
3.4.4 POC and PN	57

3.4.5 ^{226}Ra	59
3.4.6 ^{210}Pb	61
3.4.7 ^{210}Po	64
3.5 The analysis of ^{210}Po and ^{210}Pb maximum in the intermediate water	72
3.6 Conclusions.....	73
Chapter 4 ^{210}Po - ^{210}Pb disequilibria in the Prydz Bay and its adjacent areas	74
4.1 The scavenging and removal mechanism of ^{210}Po and ^{210}Pb	74
4.2 ^{210}Po - ^{210}Pb disequilibria around the Prydz Bay	74
4.2.1 The relationship between $D^{210}\text{Po}$ and $D^{210}\text{Pb}$, $P^{210}\text{Po}$ and $P^{210}\text{Pb}$	74
4.2.2 $T^{210}\text{Po}$ and $T^{210}\text{Pb}$	76
4.3 The scavenging and removal rates of ^{210}Po and ^{210}Pb	80
4.3.1 The calculation by steady-state model.....	80
4.3.2 The scavenging and removal fluxes of ^{210}Po	89
4.3.3 The residence time of ^{210}Po and ^{210}Pb	89
4.3.4 The scavenging rates of ^{210}Po	91
4.3.5 The removal rates of ^{210}Po	94
4.3.6 The relationship between scavenging and removal rates of ^{210}Po and POC, PN.....	99
4.4 Conclusions.....	104
Chapter 5 Estimation of POM export flux via ^{210}Po - ^{210}Pb disequilibria	105
5.1 Introduction.....	105
5.2 The relationship between ^{210}Po , ^{210}Pb and POC, PN	105
5.3 The export fluxes of POC and PN	111
5.3.1 The calculation methods of POC and PN export flux	111
5.3.2 The export fluxes of POC and PN at P3 and P7 sections	112
5.3.3 e-ratio	118
5.4 The removal rates of POC.....	118
5.5 The comparison of POC export flux via ^{234}Th - ^{238}U and ^{210}Po - ^{210}Pb disequilibria.....	123
5.6 Conclusions.....	126
Chapter 6 Summary	127

6.1 The contents, distributions and disequilibria of ^{210}Po and ^{210}Pb	127
6.2 Estimation of POC export flux via ^{210}Po - ^{210}Pb disequilibria.....	127
6.3 Shortages and prospects	128
References.....	129
Appendixes	144
Acknowledgements.....	145

摘要

本研究依托中国第 29 次南极科学考察航次获得的 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 数据, 研究了普里兹湾及其邻近海域 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的生物地球化学行为, 计算出颗粒有机物的输出通量, 揭示了普里兹湾及其邻近海域的颗粒动力学特征。

普里兹湾及其邻近海域 D^{210}Po 和 D^{210}Pb 的比活度分别占到 T^{210}Po 和 T^{210}Pb 的 90% 以上, P^{210}Po 和 P^{210}Pb 的份额不足 10%。 D^{210}Po 和 D^{210}Pb 比活度在陆架区表现为低值, 且由陆架向深海逐渐升高, 反映了陆架区 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的清除作用强于陆坡及深海区。 P^{210}Po 和 P^{210}Pb 在上层海洋的比活度较高, 绕极深层水对应的中深层水体较低, 而近底层略有升高, 说明生源颗粒物的来源、绕极深层水的水平输运及沉积物再悬浮作用影响着 P^{210}Po 和 P^{210}Pb 的分布。中深层的绕极深层水出现了 D^{210}Po 、 D^{210}Pb 、 T^{210}Po 和 T^{210}Pb 的极大值, 其中 ^{210}Pb 可能主要来自 ^{226}Ra 的现场衰变及水平输运, 而 ^{210}Po 则是由 ^{210}Pb 放射性衰变和颗粒有机物再矿化过程共同作用的结果。

普里兹湾及其邻近海域 ^{210}Po 清除和迁出速率总体上呈现陆架区>深海区>陆坡区的分布特征, 而 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的停留时间则表现为陆架区小于陆坡和深海区的特征, 反映出陆架区具有更强烈的颗粒清除迁出作用。 ^{210}Po 的清除和迁出速率均表现出随 POC、PN 浓度增加而增大的趋势, 说明 POC、PN 对 ^{210}Po 的清除、迁出过程有一定影响。

基于 ^{210}Po - ^{210}Pb 不平衡获得普里兹湾及其邻近海域 POC 和 PN 的输出通量分别介于 0.03~31.91 mmol/m²/d 和 0.01~6.20 mmol/m²/d 之间, 且表现出陆架区>深海区>陆坡区的空间变化规律。陆架区较高的 POC、PN 输出通量与该区域较高的生物生产力和 POM 较低比例的再循环有关, 而深海及陆坡区较低的 POC、PN 输出通量可能与颗粒有机物的再矿化作用有关。

关键词: ^{210}Po ; ^{210}Pb ; 分布; POM 输出通量; 普里兹湾及其邻近海域

Abstract

Water samples were collected during the 29th Chinese Antarctic Research Expedition in 2013 summer in order to evaluate particle dynamics in the Prydz Bay and its adjacent sea areas, including marine biogeochemical cycles of ^{210}Po and ^{210}Pb , and estimate export flux of particulate organic carbon (POC) in the upper water column.

The activity concentrations of D^{210}Po and D^{210}Pb accounted for more than 90% of the T^{210}Po and T^{210}Pb , with P^{210}Po and P^{210}Pb less than 90%. D^{210}Po and D^{210}Pb showed an increasing trend from the continental shelf to open ocean, indicating the enhanced scavenging of ^{210}Po and ^{210}Pb in the continental shelf. The activity concentrations of P^{210}Po and P^{210}Pb were lower in the Circumpolar Deep Water (CDW) than those in the upper ocean and the near-bottom water, controlling by the combined effect of production of biogenic particulate matter, horizontal transport of the CDW and sediment resuspension. The observed high activity concentrations of ^{210}Pb in the CDW were ascribed to production by ^{226}Ra radioactive decay and advection of water mass, while the maximum of ^{210}Po in the CDW was due to production by ^{210}Pb decay and remineralization of particulate organic matter (POM).

The scavenging and removal rates of ^{210}Po were higher in the continental shelf than those in the continental slope and open ocean in the Prydz Bay and its adjacent sea areas, elucidating the enhanced scavenging and removal processes in the continental shelf. Besides, the scavenging and removal rates of ^{210}Po increased with the increasing POC and PN concentrations, suggesting that POC and PN play an important role in scavenging and removal of ^{210}Po .

The export fluxes of POC and PN in the water column were estimated to be 0.03~31.91 mmol/m²/d and 0.01~6.20 mmol/m²/d via ^{210}Po - ^{210}Pb disequilibria, with the higher values occurred in the continental shelf. The high biological productivity was of great importance to the high export of POM in the continental shelf, while the remineralization of particulate organic matter contributed to the low export fluxes in the continental slope and open ocean.

Key Words: ^{210}Po ; ^{210}Pb ; Distribution; Export flux of POM; The Prydz Bay and its adjacent sea areas.

第一章 绪论

1.1 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的地球化学行为

1.1.1 ^{210}Po 的基本地球化学行为

^{210}Po 是一种天然放射性核素, 隶属于 ^{238}U 衰变系, 由 ^{210}Pb 经短寿命子体 ^{210}Bi (半衰期 5.0 d) β 衰变而得到 (图 1-1)。 ^{210}Po 是铀系衰变链最后一个放射性成员, 半衰期为 138.4 d, 其 α 射线能量为 5.305 MeV, γ 射线能量为 0.803 MeV, 但由于 ^{210}Po 衰变大部分时间仅发射 α 粒子, 并不是同时发射 α 粒子和 γ 射线, 仅约十万分之一的衰变发射出 γ 射线, 故它被视为“纯 α 发射体”。 ^{210}Po 广泛分布于自然界, 是人类天然辐射本底的重要组成部分 (王莉莉等, 2013)。

大气中较高比活度的 ^{210}Po 一般来自于火山喷发、土壤腐殖质再悬浮、海洋微表层雾化、植物的蒸腾作用以及甲基类化合物的生物挥发等 (Baskaran, 2011)。全球海洋, 尤其是上层海洋中 ^{210}Po 常常表现为亏损, 这一现象的形成与 ^{210}Po 的生物地球化学行为息息相关。作为颗粒活性核素, ^{210}Po 与其母体 ^{210}Pb 的联合应用已经成为海洋颗粒物及相关生源要素循环、运移与输出研究中备受关注的焦点。

1.1.2 ^{210}Pb 的基本地球化学行为

^{210}Pb 同样隶属于 ^{238}U 衰变系, 半衰期为 22.3 a, 它是由 ^{226}Ra (半衰期 1601 a) 经多个短寿命子体 (^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , 其中 ^{222}Rn 的半衰期为 3.8 d, 其余核素的半衰期均小于 30 min) 衰变而来的 (图 1-1)。

大气中的 ^{210}Pb 是由地球表面的土壤和水体逸出的 ^{222}Rn 衰变产生的, 而对整个海洋来说, 表层水体的 ^{210}Pb 主要来自大气沉降输入 (Baskaran, 2011), 中深层水体的 ^{210}Pb 主要来自母体 ^{226}Ra 的现场衰变 (Bacon 等, 1976)。 ^{210}Pb 在海水中的停留时间从表层的数年到深层的几百年不等。海水中的 ^{226}Ra 呈近保守性质, ^{210}Pb 和 ^{210}Po 为颗粒活性核素, 因而 ^{210}Pb 和 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 之间这种比活度的差异可被用来定量估算水柱中溶解态和颗粒态核素的交换速率以及不同时间尺度上沉降颗粒物的输出通量 (Rigaud 等, 2014)。

1.1.3 海洋环境中的 ^{210}Po 和 ^{210}Pb

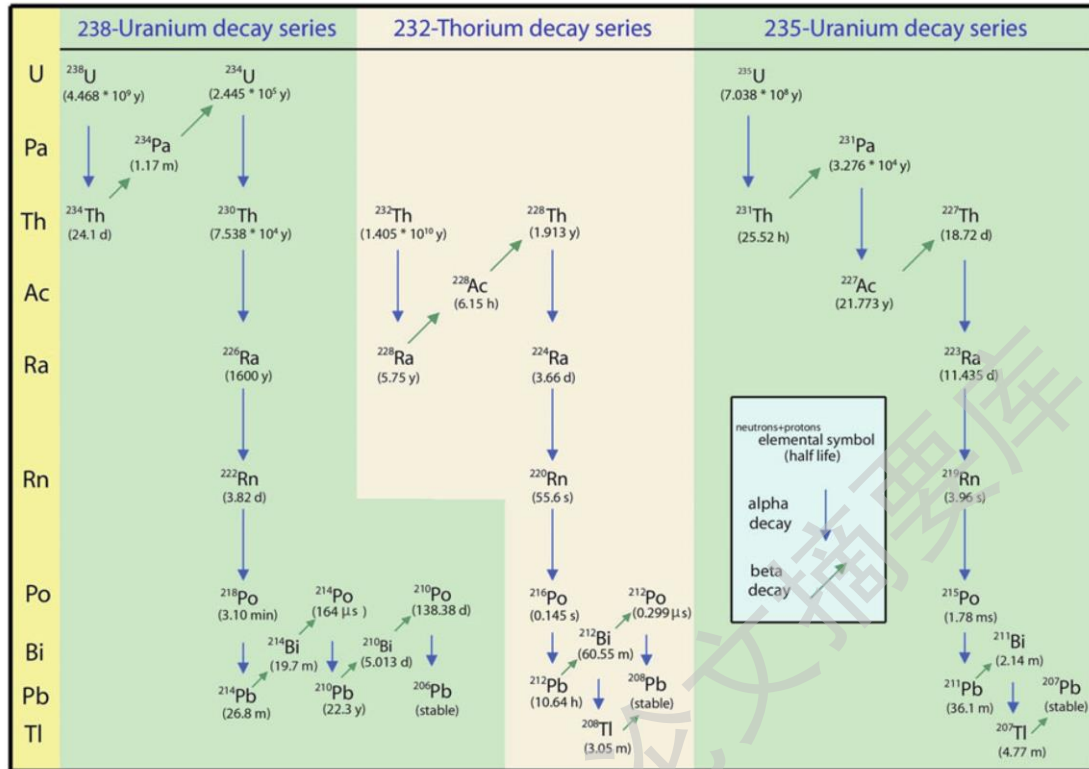


图 1-1 U-Th 系衰变链 (Baskaran, 2011)

Fig. 1-1 U-Th decay chains (Baskaran, 2011)

与 ^{210}Pb 不同的是, 大气沉降对 ^{210}Po 的贡献很少, 这主要是由于 ^{210}Pb 在大气中的停留时间较之 ^{210}Po 的半衰期短, 导致大气中的 ^{210}Po 还未与母体 ^{210}Pb 达到放射性平衡便已经由沉降迁出, 故而大气沉降输入海洋的 ^{210}Po 通量一般只有 ^{210}Pb 通量的 10% 左右 (Poet 等, 1972; Verdeny 等, 2009)。鉴于此, 海水中的 ^{210}Po 主要来自 ^{210}Pb 的现场衰变, 在研究中往往忽略大气沉降输入的贡献 (Bacon 等, 1976; Moore 等, 1986; Nozaki 等, 1997; Wei 等, 2011)。 ^{210}Po 在表层水体中相对于 ^{210}Pb 是亏损的, 除了上述较少的大气沉降输入外, 还由于: (1) ^{210}Po 相较于 ^{210}Pb 有更强的颗粒活性, 更易吸附于生源颗粒物表面从而被清除、迁出; (2) Po 作为类硫元素, 它可以以类似二甲基硫 (DMS) 的形式从表层海水释放到大气中 (Church 和 Sarin, 2008)。次表层水体中, 由于生源颗粒物的再矿化使得 ^{210}Po 相对于 ^{210}Pb 过剩 (Bacon 等, 1976, 1988; Thomson 和 Turekian, 1976; Cochran, 1992; Wei 等, 2011)。深层水体中, ^{210}Po 一般与 ^{210}Pb 达到平衡, 然而也有报道指出深层水体出现 ^{210}Po 的亏损, 并解释为 ^{210}Po 在深层水体或沉积物界面更易被清除、迁出 (Cochran 等, 1983; Chung 和 Finkel, 1988; Nozaki

等, 1990; Kim, 2001; Chung 和 Wu, 2005; Hu 等, 2014)。

^{210}Po 的半衰期远小于 ^{210}Pb , 如果海洋中不存在颗粒物的清除迁出, ^{210}Po 和 ^{210}Pb 将达到放射性久期平衡。但实际情况是, 上层水柱中常会出现 ^{210}Po 相对于 ^{210}Pb 亏损的现象, 典型的 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 活度比约为 0.5 (Bacon 等, 1976; Nozaki 等, 1976; Cochran, 1992; Verdeny 等, 2009), 这种不平衡主要是由二者生物地球化学行为的差异造成的。 ^{210}Pb 与 ^{234}Th 类似, 主要吸附在颗粒物表面, ^{210}Po 除了吸附在颗粒物表面, 还会进入浮游植物的细胞中, 并在食物链中富集 (Fisher 等, 1983; Cherrier 等, 1995; Stewart 等, 2005; Verdeny 等, 2009)。

海洋中 ^{210}Pb 的主要来源包括大气沉降输入、陆地径流输入和 ^{226}Ra 的现场衰变 (Baskaran, 2011)。在表层海水中, 相较于母体 ^{226}Ra 的现场衰变, ^{210}Pb 更多地来源于大气沉降, 但随着离岸距离的增加, 大气沉降对表层海水 ^{210}Pb 的贡献也逐步减少, 例如在遥远的南大洋海域, 大气沉降输送的 ^{210}Pb 极少 ($<0.15 \text{ dpm/cm}^2/\text{a}$), 此时 ^{226}Ra 的现场衰变占有主导地位 (Broecker 和 Peng, 1982; Church 和 Sarin, 2008)。在开阔大洋的表层海水中, 考虑到大气沉降的贡献, ^{210}Pb 相对于母体 ^{226}Ra 一般表现为过剩; 而在深层水体, 一方面 ^{210}Pb 与颗粒物结合, 从水体中清除、迁出 (Nozaki 等, 1976; Cochran, 1992), 另一方面, 海底沉积物会向上覆水体释放 ^{226}Ra 并衰变产生 ^{210}Pb , 沉积物再悬浮也可能往近底层水体输入 ^{210}Pb (Oldfield 和 Appleby, 1984; Lin 和 Chung, 1991)。

1.2 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的海洋学研究进展

1.2.1 国际研究进展

海洋中的 ^{210}Pb 被广泛应用于研究表层及深层海水颗粒物的运移, 最早可以追溯到 20 世纪 60 年代, Rama 等 (1961) 发现了 ^{210}Pb 可以快速地从表层海水中清除, 并利用箱式模型计算出表层海水 ^{210}Pb 的停留时间为 2~3 a, 长于近岸海域 (如地中海表层海水 ^{210}Pb 的停留时间为 0.8 a, Masqué 等, 2002)。Craig 等 (1973) 报道了大西洋和太平洋深层水体的 ^{210}Pb - ^{226}Ra 不平衡, 并且估算出深层水体 ^{210}Pb 的停留时间约为 50 a。一般而言, 对于 1000 m 以深水体, ^{210}Pb 相对 ^{226}Ra 的过剩并不明显, 但 ^{210}Pb 这种由过剩转向平衡甚至亏损的情况在南大洋会发生在更浅层的水体中 (Chung, 1981)。Cochran 等 (1990) 发现 ^{210}Pb 在大西洋 ($\tau_{\text{sca}}=35\pm15 \text{ a}$) 的清除、迁出作用比大平洋 ($\tau_{\text{sca}}=150\pm60 \text{ a}$) 来得更剧烈, 这

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.